

SISTEMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ESCALABLE

Agustín Segovia, Gabriela Suarez, Jorge Osio, Marcelo Cappelletti, José A. Rapallini

Centro de Técnicas Analógico-Digitales (CeTAD, Facultad de Ingeniería, UNLP) - Calle 116 y 48, 2º piso, La Plata. - agustin.segovia92@gmail.com; osio@ing.unlp.edu.ar.

INTRODUCCIÓN

El uso racional y eficiente de la energía se ha tornado uno de los asuntos más importantes a considerar a nivel mundial. En particular, en Argentina, la energía es considerada como un área prioritaria de acuerdo con el Plan “Argentina Innovadora 2020”, del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

La demanda de energía ha aumentado considerablemente en los últimos años. De continuar al mismo ritmo de crecimiento, se estima que para el año 2030 habrá un 40% más de consumo que en el último año.

En la actualidad, aproximadamente el 78% de la demanda final mundial de energía se satisface con sistemas energéticos basados en recursos fósiles no renovables, como el carbón, el gas natural y el petróleo, que si bien no se agotarán en el corto o mediano plazo se trata de recursos finitos. Poco más del 19% es cubierto con fuentes de energía renovable, mientras que el resto se satisface con energía nuclear.

Los edificios residenciales, comerciales y públicos presentan un consumo energético estimado del 30% al 40% de la energía utilizada a nivel mundial. Además, dicho sector contribuye entre el 25% y el 35% de las emisiones de CO₂ mundiales [Datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA)]. Para la República Argentina, los edificios residenciales, comerciales y públicos, tienen una participación del 31% en el consumo total de energía, del 55% del consumo total de electricidad y del 50% del consumo total de gas por red. Los edificios constituyen por lo tanto un campo propicio para investigar, desarrollar e innovar en la aplicación de nuevas tecnologías con el fin de disminuir estos consumos y reducir las emisiones de CO₂.

Con el sustancial avance de la informática, la electrónica, la microelectrónica y la incorporación de elementos o sistemas basados en Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC), es posible hacer un mejor uso de la energía, a través de la incorporación de sistemas inmóticos, los cuales permiten gestionar de manera inteligente diferentes tipos de servicios en pos del objetivo deseado. Por ejemplo, a partir de sistemas de monitoreo de consumos es posible controlar el consumo energético de un edificio ([1] y [2]), lo cual posibilita establecer mecanismos con el propósito de obtener una mayor eficiencia y ahorro de energía [3].

Por lo expuesto, se diseñó un sistema que reduce el consumo de energía en diferentes ambientes como oficinas, salas y pasillos; sin provocar cambios en los hábitos de las personas, tomando datos de un conjunto de sensores para luego procesarlos y con ello administrar el consumo de distintos tipos de dispositivos eléctricos [4]. Además, la propuesta tiene como premisas un sistema de bajo costo, replicable, modularizable, con acceso a actualizaciones de software y con capacidad de almacenar datos a largo plazo para su posterior análisis. El prototipo inicial se concentra en el control de la iluminación, dado que es la fuente de consumo común a cualquier ambiente.

El proyecto se divide en 4 partes:

- Desarrollo del firmware del sistema de control: Se programó en lenguaje de alto nivel sobre un microcontrolador de Microchip el control de los sensores y actuadores conectados a cada nodo. Además, se programó el nodo central en un microcontrolador ATmega con interfaz wifi al servidor
- Interfaces de comunicación: Los sensores y actuadores se controlan mediante entradas y salidas digitales, salvo el sensor de iluminación, el cual se controla mediante una entrada

analógica. Interfaz de comunicación serie virtual para testing local e interfaz wifi para la comunicación con el servidor

- Configuración del servidor.
- Implementación de base de datos

PARTE EXPERIMENTAL

Para el desarrollo del programa se utilizó el lenguaje de programación C, soportado por los compiladores de las distintas tecnologías de microcontroladores. El programa está dividido en bloques funcionales (funciones en C incluidas en las librerías), esto facilita la detección de errores y la actualización del código.

A. *Plataforma de Procesamiento del control central*

Como plataforma de procesamiento se utilizó la plataforma de Arduino que posee el microcontrolador ATmega2560 de 8 bits [5], con 256KB de memoria flash para programación y 8KB de RAM para datos. Además, provee las interfaces de comunicación 2-wire, SPI y USART. Además, trabaja a 16MHz y tiene 86 pines I/O, 6 temporizadores y 16 canales ADC de 10 bits.

B. *Plataforma de Procesamiento de cada nodo*

Como plataforma de procesamiento para los nodos se utilizó el microcontrolador de microchip 18f2550 de 8 bits ([6] y [7]), que incluye módulo USB V2.0, administración de energía en modo bajo consumo, oscilador interno hasta 8MHz, oscilador externo hasta 48MHz, memoria EEPROM. Posee módulos conversores A/D, SPI e I2C; imprescindibles para interconectar cualquier tipo de periférico.

C. *Firmware*

Sobre las librerías mencionadas se realizaron los programas que permiten la lectura de cada sensor, el control del actuador, el estado de cada sensor, el funcionamiento del sistema y los datos almacenados en la base de datos [8].

Con los sensores funcionando y con una correcta representación en la interfaz serie que se usa para testing, se realizó el programa que se representa en el diagrama de flujo de la Fig. 1.

Para llevar adelante el proceso de detección de comportamiento y la toma de decisión, se almacena el número de veces en que se enciende la luz según la hora, además se tiene en cuenta el tiempo que se mantiene encendida y los valores leídos de los demás sensores. Esto último, permite además de sacar conclusiones, detectar anomalías en el funcionamiento del sistema.

Como se puede observar en el diagrama de flujo de la Fig. 1, hay tres condiciones que se deben superar. La primera es que la iluminación sea menor al umbral de la luz solar, teniendo en cuenta que este umbral se encuentra en el valor de lectura 500 del ADC. Luego se analiza si la iluminación es superior al umbral de la luz artificial, en caso de no serlo se debe cumplir la detección de presencia, primero mediante la barrera que se encuentra en la puerta de acceso y luego mediante el detector de movimiento que cubre toda la sala. Teniendo en cuenta que nuestro sistema además de detectar movimiento permite conocer el número de personas que ingresan y egresan, esto permite mantener la luz encendida solo cuando hay usuarios y se cumplen las condiciones mencionadas, esto último permite optimizar el consumo al máximo.

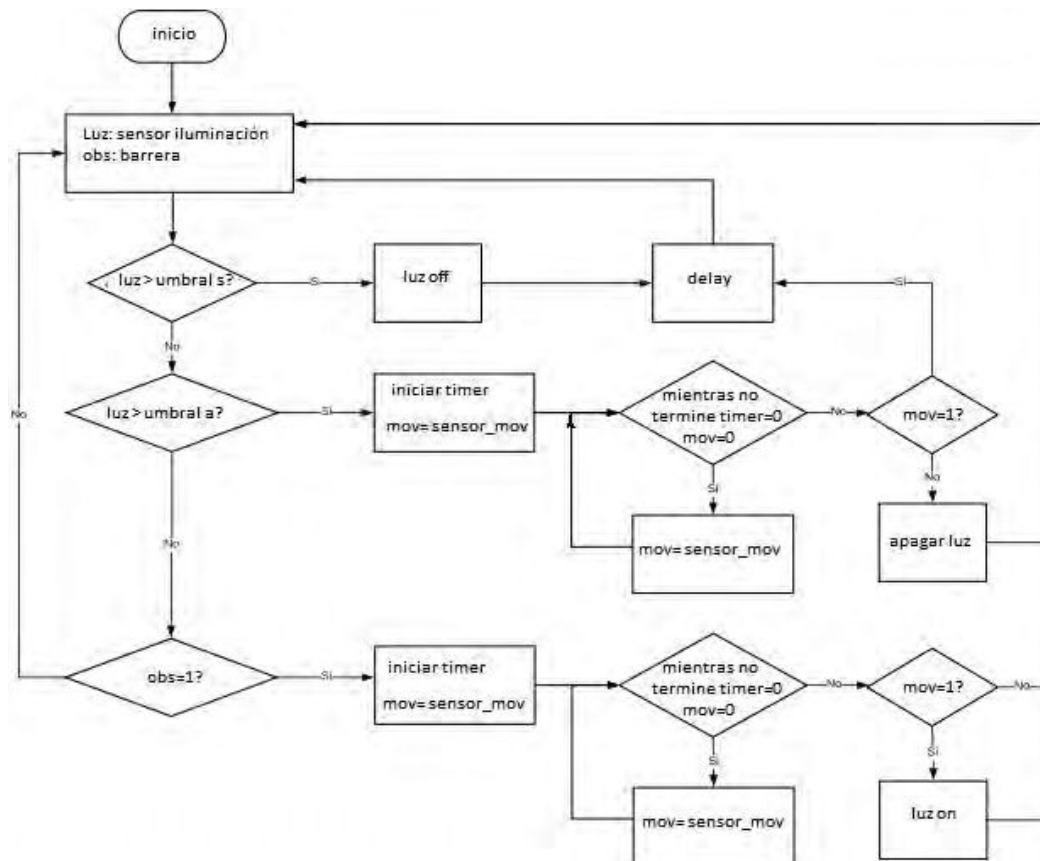


Fig. 1 Diagrama de Flujo del sistema de control completo

Para la definición del umbral de intensidad de luz se usa como referencia la máxima intensidad detectada, ésta por lo general es la luz solar que genera el valor máximo en la entrada del ADC, donde con 10 bits el máximo es 1024 (luz solar). En función de esto se toma la mitad del rango como umbral que diferencia la luz natural de la artificial (512).

En el diagrama de la Fig. 1, el umbral se identifica con la variable “umbral s” para la luz solar. El “umbral a” representa la luz artificial, que en función del tipo de luminaria puede variar entre 150 y 300. En la sala donde se implementó el “umbral a” es 250. Para la calibración del sensor de iluminación se utilizó un potenciómetro que permite aprovechar al máximo el rango medible.

D. Sensores y Actuadores

El proyecto integra los siguientes sensores y actuadores:

- Módulo sensor PIR (Passive Infrared Sensor, Sensor Infrarrojo Pasivo)
- LDR (Light Dependent Resistor, Resistencia Dependiente de la Luz),
- Módulo sensor de corriente ACS712
- Barrera infrarroja hecho con 2 módulos sensor de obstáculo IF FC-51.

- Módulo relé.
La utilización de los módulos facilita el desarrollo del prototipo del sistema, además de la accesibilidad y el bajo costo.

E. Servidor y base de datos

En el desarrollo del proyecto se utilizó MongoDB para la construcción de la base de datos y Node.js para desarrollar el servidor web. En la base de datos se almacena información de los tipos de sensores que se usan, del microcontrolador, de los espacios o sectores donde se controla el consumo de energía y de las mediciones que efectúan los sensores periódicamente.

Para poder acceder al servidor web de manera remota se alquiló un servidor en la nube al proveedor Digital Ocean con las siguientes características:

- Sistema operativo: Ubuntu 16.04
- Disco rígido de estado sólido: 25 GB
- RAM: 1 GB
- Ubicación del servidor: Nueva York

En la Fig. 2 se muestra la organización de la base de datos, que fue diseñada para el almacenamiento de múltiples nodos, donde cada nodo representa una sala u oficina de un edificio. Entonces, en la base se identifica el nodo en cuestión, la sala donde se encuentra, los sensores que controla y la información de interés que se almacena en la estructura mediciones.



Fig. 2 Organización de la base de datos.

Dentro de medicion.js se tiene la estructura llamada mediciones, donde los parámetros de interés a almacenar son la fecha y hora, el nodo de donde proviene la información, el valor de los sensores y la unidad de medida.

E. Implementación del sistema

Cada sistema se compone del bloque central de procesamiento y control formado por el microcontrolador ATmega 2560, de nodos básicos individuales formados por el 18f2550 y a su alrededor los sensores (para iluminación el LDR, para movimiento el sensor PIR y para la detección de personas la barrera infrarroja), actuadores (para el encendido de la luminaria) e interfaces de comunicación (interfaz rf entre control y nodos y wifi para la comunicación con el servidor), tal como se muestra en la Fig. 3.

Para casos particulares, al ser un sistema modularizable, éste se puede personalizar en función de las prestaciones deseadas, es decir, que de acuerdo con las características de cada sector se pueden agregar más o menos sensores.

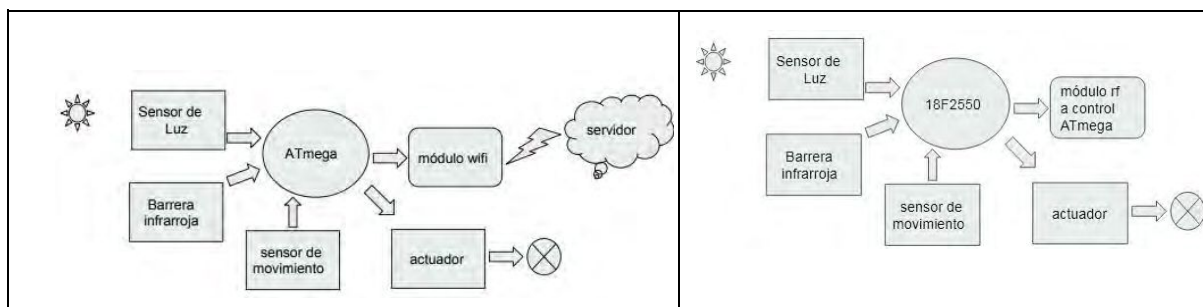


Fig.3 En el diagrama izquierdo se muestra el control central y en el derecho los nodos básicos

El prototipo inicial fue implementado en una protoboard que incluye los periféricos (sensores y actuadores) que se conectan a la placa Arduino ATmega para el control central y un pic18f2550 para los nodos, con sus respectivos sensores.

El sistema está puesto a prueba en una sala del CeTAD en el Departamento de Electrotecnia de la Facultad de Ingeniería de la UNLP, y está encargado de automatizar el consumo de energía proveniente de la red eléctrica y de un sistema de energía alternativa fotovoltaico [9]. Actualmente, se están tomando medidas del consumo mediante un medidor de consumo comercial GF-18WHM, similar al que provee la empresa proveedora del servicio eléctrico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hasta el momento las pruebas realizadas permitieron verificar el correcto funcionamiento del sistema, encendiendo la iluminación sólo cuando la luz natural es insuficiente y se detecta presencia en la sala mediante la barrera infrarroja y el sensor de movimiento.

El uso de la barrera se hace indispensable, debido a que el sensor de movimiento puede detectar fuentes de calor que no necesariamente son personas, es por eso que para asegurar presencia se detecta el ingreso de individuos mediante la barrera. Para diferenciar si la persona egresa o ingresa a la sala se colocaron dos sensores barrera infrarroja y dependiendo el orden en que se activan se considera ingreso o egreso, de esta manera se dispone de una variable que indica la cantidad de personas detectadas. Siempre y cuando esta variable no sea cero, el sistema considerará que hay personas en la sala.

La información relevante se almacena en el servidor mediante la interfaz wifi que se realiza mediante el esp8266, este dispositivo requiere una secuencia de comandos AT que se debe enviar al módulo wifi para transmitir el paquete de datos de los sensores al servidor.

Si la transmisión se realizó satisfactoriamente, el módulo responde OK, si se produce algún error en la secuencia se deberá iniciar la misma desde el principio. El reenvío de comandos se puede realizar tres veces, si a la tercera vez no hay respuesta del módulo wifi, se produce un TIMEOUT.

Actualmente, el sistema se encuentra relevando datos de intensidad de luz, presencia y tiempo de encendido de la iluminación de forma automática y está midiendo el consumo en la sala sin el uso del sistema, esto se hará durante un periodo de tiempo de 30 días. Luego se realizarán las mismas mediciones usando el sistema para determinar el ahorro real de energía. El tiempo de medición estimado es de un mes como mínimo, debido a que la oficina no se usa de manera continua y esto hace necesario más tiempo de funcionamiento para determinar la mejora. Esto último, permitirá obtener información relevante del ahorro de energía que se pueda lograr con el sistema propuesto para determinado perfil de usuario.

CONCLUSIONES

Los sensores utilizados entregan señales digitales y analógicas en un determinado rango, éstos fueron acondicionados para ser utilizados por el sistema y almacenados en la base de datos. Con respecto al sensor de iluminación, éste debe ser calibrado en función del lugar donde se instale, se determinó que es importante realizar una calibración en el lugar de la instalación teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos que se tienen en ese lugar.

Con el uso de las librerías que provee el microcontrolador, se facilitó el desarrollo del firmware del sistema de control, logrando muy buenos resultados en las pruebas de funcionamiento.

La utilización de una base de datos disponible en la nube provee al sistema de respaldo e integridad de la información recabada, que podrá usarse para conocer los hábitos del usuario, para tener una referencia del histórico del consumo y conocer el ahorro de energía que se logró a lo largo del tiempo.

Finalmente, en función de las pruebas de funcionamiento realizadas, se concluye que se logró un sistema robusto capaz de determinar presencia en la sala independientemente del sensor de movimiento. Esto evita que se active el sistema innecesariamente y permite optimizar el consumo en función de los hábitos del usuario.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Romero, C y Vázquez, F. "Domótica e Inmótica - Viviendas y Edificios Inteligentes", Editorial Alfaomega, México. (2008).
- [2] Jiménez Pérez, J. "Instalación y puesta en marcha de sistemas domóticos e inmóticos", IC Editorial. España. (2015).
- [3] Rey Martínez F. y Velasco Gómez, E. "Eficiencia energética en edificios: certificación y auditorías energéticas", Editorial Paraninfo. España. (2006)
- [4] Fernandez Salgado, J.M. "Eficiencia energética en los edificios", AMV Ediciones. España. (2011).
- [5] Atmel, ATmega 2560. Data Sheet. 2014.
- [6] Microchip, 18F2455/2550/4455/4550, Data Sheet.
- [7] Microchip, PICkit 3 Programmer/Debugger, User's Guide.
- [8] Sa, A. (2015). Aplicaciones del Led en diseño de iluminación (ARDUINO). Editorial Marcombo.
- [9] Moro Vallina, M. "Instalaciones solares fotovoltaicas", Editorial Paraninfo. España. (2010)